



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Water Digital Ecosystem

NatFIM

NATional Flood Impact Model

Linee guida

Marzo 2026

Attività	NATFIM: NATional Flood Impact Model
Versione	04 Marzo 2026
Istituzioni e società coinvolte	Università di Torino, Università degli Studi dell'Aquila, IUSS (Istituto Universitario di Studi Superiori) Pavia, Università degli Studi di Firenze, Politecnico di Milano, Università degli Studi di Brescia, Università degli Studi di Ferrara, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Consiglio Nazionale delle Ricerche, O2H Engineering, Autorità di bacino distrettuale del fiume Po
Responsabili	Enrico Corrado Borgogno Mondino, Anna Rita Scorzini, Mario Lloyd Virginio Martina, Chiara Arrighi, Francesco Ballio, Daniela Molinari, Marco Pilotti, Paolo Ciavola, Alessio Domeneghetti, Simone Sterlacchini, Tommaso Simonelli
Autori	Anna Rita Scorzini, Marco Zazzeri

INDICE

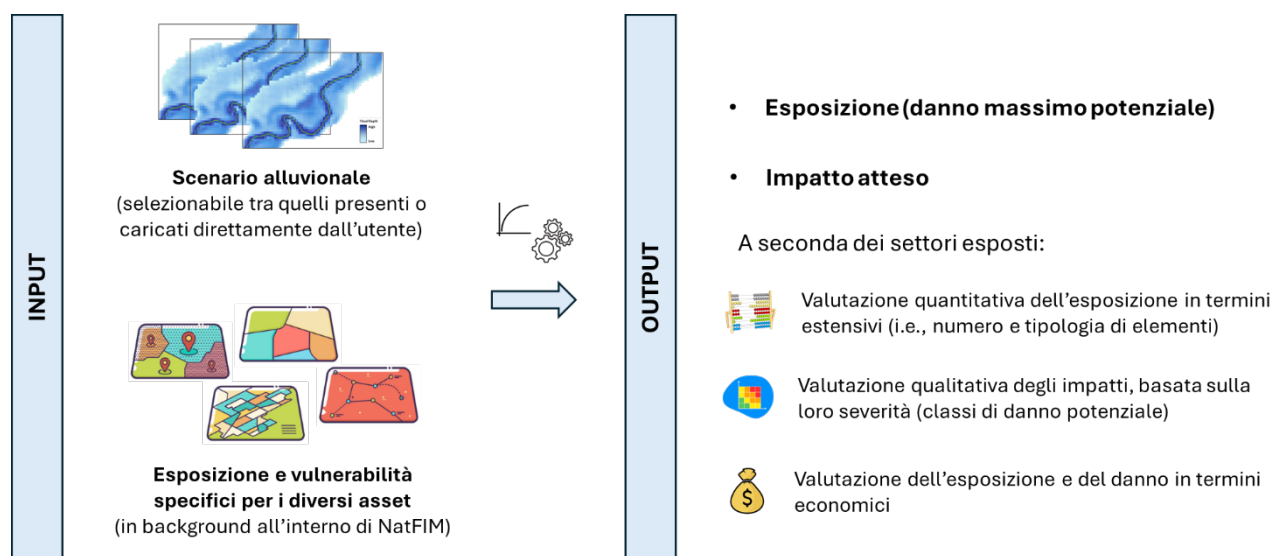
1	Obiettivi e struttura del documento.....	2
2	Descrizione delle procedure presenti in NATFIM.....	3
2.1	Edifici residenziali	3
2.2	Edifici strategici.....	5
2.3	Attività economiche.....	6
2.4	Strade.....	7
2.5	Ferrovie	11
2.6	Stazioni ferroviarie.....	14
2.7	Allevamenti	14
2.8	Agricoltura: colture.....	16
2.9	Aree protette – beni ambientali.....	18
2.10	Beni culturali	20
2.11	Popolazione.....	21
2.12	Sorgenti inquinanti - Impianti a rischio di inquinamento accidentale.....	23
3	Guida pratica all’utilizzo di NATFIM.....	24
	Riferimenti bibliografici	26
	Sitografia	26

1 Obiettivi e struttura del documento

Nel presente documento vengono descritte le caratteristiche e peculiarità dell'applicativo **NATFIM** (**NAT**ional **F**lood **I**mpact **M**odel) all'interno dell'ecosistema digitale di RETURN. NatFIM si presenta come evoluzione del progetto **MOVIDA** (**MO**dello per la **Val**utazione **I**ntegrata del **D**anno **Alluvionale** - sites.google.com/view/movida-project), nato nell'ambito della Convenzione Operativa stipulata tra 8 Università italiane e il CNR con l'Autorità Distrettuale del Bacino del Po (AdBPo).

NatFIM si propone come modello a scala nazionale per la valutazione degli impatti avversi di scenari di alluvione per le categorie di elementi esposti definite dalla Direttiva Alluvioni, sfruttando dati relativi agli specifici contesti di pericolosità e vulnerabilità. Nel dettaglio, dato uno scenario di alluvione, il modello restituisce informazioni sulla tipologia di esposto e degli impatti di natura tangibile, espressi anche in termini economici per determinati settori.

Alla prima data di rilascio, la copertura spaziale di analisi in NATFIM comprende le regioni ricadenti all'interno del distretto idrografico del Po (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto), successivamente estesa anche alle regioni Umbria, Abruzzo e Sardegna.



Schema concettuale di NATFIM

Nella Sezione 2 del presente documento, per ogni categoria di *asset* esposto valutabile in NATFIM viene dapprima sinteticamente riassunto l'approccio modellistico alla base della procedura e successivamente dettagliati gli input e gli output restituiti dalla procedura stessa.

Infine, nella Sezione 3, viene fornita una guida pratica all'utilizzo di NATFIM all'interno dell'ecosistema digitale.

2 Descrizione delle procedure presenti in NATFIM

2.1 Edifici residenziali

L'algoritmo per il comparto edilizio residenziale permette di valutare l'esposizione e il danno economico (con riferimento alla sola struttura) che un edificio può subire se sottoposto ad un evento alluvionale di cui è noto, tramite modellazione, il valore del tirante idraulico, aggregando il dato alla micro-scala (singolo edificio) sulle sezioni di censimento. Nell'algoritmo sono attualmente implementati tre modelli di danno, calibrati e validati per il contesto italiano: simple-INSYDE (Galliani et al., 2020), Arrighi et al. (2018, a,b) e Carisi et al. (2018). La procedura fornisce, inoltre, *output* tabellari relativi a danno ed esposizione, sia alla scala dell'area di analisi, che per singolo comune che ha parte del proprio territorio nello scenario di alluvione considerato.

Dati di input alla procedura

- **Edifici:** *layer* a geometria poligonale relativo all'ingombro al suolo di tutte le tipologie di edifici presenti nelle aree coperte da NATFIM, creato ad hoc e risultato dell'omogeneizzazione delle informazioni presenti nei *database* topografici regionali e nel *Database di Sintesi Nazionale* (DBSN) messo a disposizione a *download* libero dall'Istituto Geografico Militare (IGM – <https://www.igmi.org/it/dbsn-database-di-sintesi-nazionale>). Gli attributi associati alla geometria poligonale riguardano la destinazione d'uso (**COD_CAT_USO** - ad es. residenziale, industriale, commerciale, ecc.), le caratteristiche delle porzioni dell'edificio (attributo **COD_TIPO_PORZ**) che descrivono se la porzione sia a portico, un sottopasso, ecc. Ad ogni edificio, se possibile, è associata un'altezza in metri rispetto al piano terra (campo **He**).
- **Sezioni di censimento:** costituiscono sia l'unità elementare di aggregazione delle informazioni di esposizione e danno economico (come per gli altri *assets*), ma anche fonte di informazioni per la caratterizzazione della vulnerabilità degli edifici nelle funzioni di danno implementate nell'applicazione (ad esempio, la tipologia costruttiva prevalente (calcestruzzo, muratura, ecc.) all'interno delle sezioni di censimento, informazione del tutto assente nei *database* topografici; oppure l'altezza media degli edifici presenti nella sezione, come media del numero di piani, da associare agli edifici qualora l'informazione sulla loro altezza non fosse riportata nel *database* topografico regionale originario).
- **Aree bagnate permanenti:** *layer* a geometria poligonale rappresentante tutte le aree con presenza d'acqua in superficie (ad esempio, alvei fluviali, laghi, invasi artificiali, ecc.).
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Danno edifici residenziali per sezione di censimento:** *layer* a geometria poligonale che rappresenta le porzioni di sezioni censuarie allagate. La parte attributiva è costituita dall'aggregazione (somma) dei valori di esposizione e danno di ogni singolo edificio (analisi alla micro-scala) impattato all'interno della sezione di censimento. La tabella degli attributi presenta i seguenti campi:
 - **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **n_edifici:** numero di edifici impattati all'interno della sezione di censimento;
 - **Area_sezione_allagata:** area della porzione allagata della sezione di censimento;
 - **Esposizione:** esposizione economica totale per gli edifici all'interno della sezione di censimento;
 - **Dm_unibo:** danno economico totale calcolato con la funzione di Carisi et al. (2018);
 - **Dm_unifi:** danno economico totale calcolato con la funzione di Arrighi et al. (2018 a, b);
 - **Dm_insyde:** danno economico totale calcolato con la funzione di Galliani et al. (2020);
 - **Indicatore_danno:** indicatore di danno, calcolato come media del danno per i tre modelli utilizzati per unità di superficie allagata (km²);
 - **Classe_danno:** campo testuale che suddivide i valori dell'attributo **Indicatore_danno** in cinque classi (nullo, basso, medio, alto, molto alto) utilizzando come valori soglia per la loro definizione il primo, secondo e terzo quartile.
2. **Esposizione edifici residenziali per sezione di censimento:** *layer* geometricamente identico a quello relativo al danno e con cui condivide la parte attributiva, alla quale vengono aggiunti due campi specifici per la rappresentazione simbolica dei risultati. I due campi addizionali sono:
 - **Indicatore_esposizione:** indicatore di esposizione, per unità di superficie allagata (km²);
 - **Classe_esposizione:** campo testuale che suddivide i valori dell'attributo **Indicatore_esposizione** in cinque classi (nulla, bassa, media, alta, molto alta) utilizzando come valori soglia per la loro definizione il primo, secondo e terzo quartile.
3. **Tabella danno totale per comune:** tabella .csv in cui vengono calcolati, per ogni comune in area allagata, il numero totali di edifici esposti, il valore dell'esposizione economica e il danno totale calcolato tramite le tre funzioni precedentemente descritte.
4. **Tabella danno totale nell'area di studio:** tabella .csv in cui sono presenti i dati aggregati a scala dell'area di studio riguardo il numero di edifici esposti, l'esposizione economica e il danno secondo le tre funzioni.

2.2 Edifici strategici

La procedura usa come dato di *input* un *layer* vettoriale a geometria puntuale creato *ad hoc* (**Edifici strategici**) e restituisce in *output* gli edifici strategici localizzati all'interno della mappa di allagamento considerata, il dato aggregato alla scala della porzione di sezione di censimento impattata, indicandone la numerosità al suo interno, e un dato tabellare che specifica il numero di edifici in funzione della tipologia (edifici strategici in senso stretto o edifici sensibili) per ogni comune in area allagata.

Dati di input alla procedura

- **Edifici strategici:** *layer* a geometria puntuale risultante dall'attività di sintesi e omogeneizzazione di vari *database* istituzionali e non (geoportali regionali, OSM, Open Data, ecc.). La struttura tabellare prevede la loro suddivisione per **Tipologia** (edifici strategici in senso stretto o edifici sensibili), per **Categoria** (amministrativo, sportivo, militare, ecc.) e, laddove possibile, specificandone il **Nome**.
- **Sezioni di censimento:** utilizzate come unità minima di aggregazione degli edifici strategici ricadenti al loro interno e potenzialmente esposti.
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Edifici strategici esposti:** *layer* a geometria puntuale rappresentante gli edifici strategici all'interno dell'area allagata. Oltre agli attributi ereditati dal *layer* di *input* originale (ad es. **Categoria**, **Tipologia**, **Nome**, ecc.) sono presenti i campi **sez2011** e **comune** che identificano, rispettivamente, la sezione di censimento e il comune in cui sono localizzati.
2. **Edifici strategici esposti per sezioni di censimento:** *layer* a geometria poligonale contenente le porzioni di sezioni di censimento impattate, riportanti il numero di edifici strategici presenti. Sono incluse anche le sezioni che non contengono alcun edificio strategico/sensibile.

Gli attributi presenti sono:

- **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
- **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
- **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
- **Area_sezione_impattata:** area della sezione di censimento impattata;
- **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
- **n_edifici_strategici:** numero totale di edifici strategici presenti all'interno della sezione di censimento.

3. **Tabella edifici strategici esposti per comune:** tabella .csv che riporta il numero totale (attributo **count**) di edifici strategici, suddivisi per **Tipologia** (se edificio sensibile o strategico), all'interno dei comuni in area allagata.

2.3 Attività economiche

L'algoritmo permette di valutare l'esposizione (in termini di struttura e contenuti) sia a livello delle singole Sezioni ATECO presenti in una sezione di censimento, sia a livello della sezione censuaria stessa come dato aggregato, utilizzando come *proxy* il numero degli addetti. Il valore economico unitario per addetto viene collegato ad ogni Sezione ATECO all'interno della procedura, utilizzando opportune associazioni tabellari. L'*output* alla meso-scala (sezione censuarie), restituisce, inoltre, un indicatore di esposizione utilizzando come variabile di riferimento il numero degli addetti per unità di superficie allagata (km²). La diminuzione di entità all'interno delle sezioni di censimento avviene con criterio di proporzionalità in funzione della superficie realmente impattata.

Dati di input alla procedura

- **Tabelle Attività Economiche regionali,** che definiscono, per ogni sezione di censimento, le Sezioni ATECO presenti e il numero totale di addetti e di unità locali associate.
- **Sezioni di censimento:** utilizzate come unità di aggregazione delle attività commerciali e industriali presenti nella porzione esposta.
- **Aree bagnate permanenti:** *layer* a geometria poligonale rappresentante tutte le aree con presenza d'acqua in superficie (quali alvei fluviali, laghi, invasi artificiali, ecc.).
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

I tre *output* hanno una struttura tabellare analoga a meno di alcuni attributi. Di seguito, si descrive nel dettaglio l'*output* alla scala della sezione di censimento, sottolineando successivamente quelli specifici degli altri due.

1. **Esposizione attività economiche per sezione di censimento:** *layer* a geometria poligonale rappresentante le porzioni di sezioni di censimento impattate con attività economiche esposte, ottenuto come aggregazione dei dati presenti nello strato informativo relativo alle attività economiche per sezione ATECO (**Tabelle Attività Economiche regionali**). A livello tabellare viene riportato il numero totale di addetti, nonché l'esposizione economica, distinta per le strutture e i contenuti. Gli attributi presenti e comuni agli altri due output sono:
 - **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;

- **Area_sez:** area totale della sezione censimento;
 - **Area_sezione_impattata:** superficie della porzione di sezione di censimento impattata.
 - **n_addetti:** numero totale di addetti presenti nella sezione di censimento;
 - **ESPO_addetti_str:** esposizione economica totale sulla struttura utilizzando il capitale lordo unitario per addetto;
 - **ESPO_addetti_cont:** esposizione economica totale sui contenuti utilizzando il capitale lordo unitario per addetto;
 - **n_addetti_kmq:** indicatore che rappresenta la densità di addetti esposti per unità di superficie allagata al km²;
 - **ESPO_addetti_str_kmq:** indicatore di esposizione che rappresenta il valore economico esposto delle strutture per unità di superficie allagata al km², utilizzando il capitale lordo unitario per gli addetti;
 - **ESPO_addetti_cont_kmq:** indicatore che rappresenta il valore economico esposto dei contenuti per unità di superficie allagata al km², utilizzando il capitale lordo unitario per gli addetti;
 - **Ind_danno:** indicatore del danno potenziale per unità di superficie allagata al km², calcolato come somma dei valori esposti per struttura e contenuti utilizzando come *proxy* gli addetti.
2. **Attività economiche per sezione di censimento con esposizione nulla:** *layer* a geometria poligonale contenente le sezioni censuarie all'interno dell'area allagata che non hanno al loro interno attività economiche potenzialmente esposte. Questo *layer* è caratterizzato dagli attributi che descrivono l'id specifico della sezione di censimento (**sez2011**) e il comune di appartenenza (campo **comune**).
3. **Esposizione attività economiche per sezione ATECO:** *layer* a geometria poligonale che raccoglie, per ogni porzione di sezione di censimento impattata, le Sezioni ATECO presenti, valutando il numero di addetti esposti e calcolandone i valori di esposizione economica secondo gli stessi attributi del tema **Esposizione attività economiche per sezione di censimento**, con l'inserimento del campo **SezATECO**, che specifica la sezione ATECO analizzata.

2.4 Strade

L'algoritmo fornisce la localizzazione delle singole tratte stradali esposte con relativo valore di impatto e un dato aggregato vettoriale (alla scala della sezione di censimento) e tabellare (alla scala comunale e dell'area di studio), con i valori di lunghezza totale delle singole tipologie stradali in base al valore di impatto. Le procedure implementate per definire gli impatti sul reticolo stradale all'interno di un'area allagata traducono la specifica metodologia sviluppata nell'ambito del progetto MOVIDA (Allegato 4.1 – Relazione metodologica; link disponibile a pagina 26 delle presenti linee guida), di cui vengono qui riassunti i dettagli.

Gli step procedurali eseguiti dall'algoritmo per la valutazione del danno potenziale includono:

- calcolo dell'altezza idrica media su ogni singola tratta in area allagata;

- valutazione qualitativa del danno funzionale alla rete impattata mediante l'utilizzo di una matrice di danno, data a sua volta dalla combinazione di due matrici, che valutano:
 - **transitabilità** della tratta: impatto in termini rallentamento o interruzione del transito;
 - **ridondanza/rilevanza** della tratta: capacità della rete di assicurare il raggiungimento della destinazione.



a. **Transitabilità** della strada a seconda dell'altezza idrica e impatto sul traffico a seconda della tipologia di strada.

1= rallentamento con impatto modesto sul traffico, 2= rallentamento con impatto significativo sul traffico, 3= interruzione del transito.

Classi di pericolosità	Altro	Strade di servizio e/o sterrate	Strade secondarie	Strade principali	Autostrade
$0 < h < 0.15$ m	1	1	1	2	2
$h \geq 0.15$ m	3	3	3	3	3

Soglia: 0.15 m - altezza d'acqua in corrispondenza della quale si interrompe il transito delle auto di dimensioni ridotte, per rimanere a favore di sicurezza → strada non più percorribile (Pregolato et al., 2017)

b. **Ridondanza** della strada in funzione della tipologia di strada.

1= influenza in maniera minima il raggiungimento della destinazione, 2= influenza significativamente il raggiungimento della destinazione (dilatazione tempi, allungamento percorso), 3= nessuna alternativa conveniente per raggiungere la destinazione.

Altro	Strade di servizio e/o sterrate	Strade secondarie	Strade principali	Autostrade
1	1	1	2	3

Matrice di impatto per le tratte stradali, dalla media pesata delle matrici a e b.

Classi di pericolosità	Ponti	Altro (es. pedonali, ciclabili)	Strade di servizio e/o sterrate	Strade secondarie	Strade principali	Autostrade	Gallerie
$h = 0$ m e $v = 0$ m/s	NULLO	NULLO	NULLO	NULLO	NULLO	NULLO	NULLO
$0 < h < 0.15$ m	NULLO	MODESTO	MODESTO	MODESTO	MEDIO	ELEVATO	ELEVATO
$h \geq 0.15$ m	NULLO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ELEVATO	ELEVATO	ELEVATO

Dopo aver assegnato un impatto potenziale ad ogni tratta stradale esposta, viene valutato l'impatto complessivo atteso sulle tratte all'interno della porzione allagata di una sezione di censimento, mediante una pesatura esperta delle tratte a diverso impatto, secondo la formula:

$$IUS = \frac{L_{equivalente}}{A_{allagata}} = \frac{p_{elevato} \cdot L_{elevato} + p_{medio} \cdot L_{medio} + p_{modesto} \cdot L_{modesto}}{A_{allagata}}$$

IUS = Indicatore Unico di impatto per le Strade;

$A_{allagata}$ [km²] = area allagata sezione censuaria;

$L_{equivalente}$ [km] = lunghezza equivalente delle strade impattate, derivante da una pesatura dei km di tratte ad impatto elevato ($L_{elevato}$), medio (L_{medio}) e modesto ($L_{modesto}$) presenti nella porzione allagata della sezione ($p_{elevato} = 1$, $p_{medio} = 0.5$, $p_{modesto} = 0.25$).

Dati di input alla procedura

- **Strade:** *layer* a geometria lineare che rappresenta il reticolo stradale presente nelle aree coperte da NATFIM. Il dato è derivato dalle informazioni presenti in OSM (*OpenStreetMap*).
- **Sezioni di censimento:** utilizzate come unità minima di aggregazione delle singole tratte stradali esposte ricadenti al loro interno.
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Strade con definizione dell'impatto:** *layer*, a geometria lineare, rappresentante tutte le tratte stradali impattate (totalmente all'interno della mappa del tirante idraulico) con associate informazioni relative all'impatto secondo la matrice mostrata in figura nella pagina precedente.

Vi sono alcuni attributi ereditati dal *layer* originario di OSM descriventi ad esempio il nome (**name**), il nome riferito allo stradario nazionale (**ref**), se tratte in galleria (campo **tunnel** con valore T(*true*) o F (*false*)), se tratte su ponti (attributo **bridge** con valore T(*true*) o F (*false*)), ed infine gli attributi frutto delle elaborazioni all'interno della procedura, quali:

- **osm_class:** identifica ciascun tratto stradale secondo una riclassificazione funzionale alla metodologia, suddividendo le varie tratte in: Autostrade, Strade principali, Strade secondarie, Strade di servizio e/o sterrate, Altre (tipologie di strade) come sentieri, piste ciclabili, ecc.;
 - **Length:** lunghezza lineare espressa in metri di ciascun tratto stradale;
 - **h_mean:** altezza media dell'acqua in un *buffer* di 5 metri dalla tratta stradale;
 - **impatto:** valore di impatto (elevato, medio, modesto, nullo) come esplicitato nella matrice mostrata nella figura della pagina precedente.
2. **Danno strade per sezione di censimento:** in questo *output* a geometria poligonale vengono rappresentate tutte le sezioni di censimento che contengono tratte stradali allagate suddivise per tipologia e impatto, indicandone la lunghezza totale (aggregata) espressa in metri. Nel dettaglio, gli attributi presenti:
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **Sum_Ponte:** lunghezza totale delle tratte su ponte (con impatto nullo);
 - **Sum_Galleria:** lunghezza totale delle tratte in galleria (con impatto elevato);
 - **Sum_Autostrada:** lunghezza totale delle tratte autostradali (con impatto elevato);
 - **Sum_Str_pri_medio:** lunghezza totale delle strade principali con impatto medio;
 - **Sum_Str_pri_elevato:** lunghezza totale delle strade principali con impatto elevato;
 - **Sum_Str_sec_modesto:** lunghezza totale delle strade secondarie con impatto modesto;

- **Sum_Str_sec_medio:** lunghezza totale delle strade secondarie con impatto medio;
 - **Sum_Str_serv_medio:** lunghezza totale delle strade di servizio con impatto medio;
 - **Sum_Str_serv_modesto:** lunghezza totale delle strade di servizio con impatto modesto;
 - **Sum_Altro_modesto:** lunghezza totale delle altre tipologie di strade con impatto modesto;
 - **Sum_Altro_medio:** lunghezza totale delle altre tipologie di strade con impatto medio;
 - **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
 - **Area_sezione_allagata:** area della porzione allagata della sezione di censimento;
 - **Ind_danno:** indicatore di impatto (IUS), calcolato come somma pesata per impatto delle lunghezze delle tratte stradali esposte.
3. **Sezioni di censimento con danno strade nullo:** *layer* a geometria poligonale delle sezioni di censimento all'interno dell'area allagata che non contengono strade impattate. Sono presenti gli attributi relativi al **comune** e l'id univoco della sezione di censimento (**SEZ2011**).
4. **Tabella strade con impatto per comune:** tabella .csv che riporta le lunghezze totali delle tratte stradali esposte suddivise per tipologia e impatto per ogni comune attraversato. Gli attributi presenti sono:
- **comune:** identifica il comune su cui vengono valutati gli impatti sulla rete stradale;
 - **Ponti_tot_comune:** lunghezza totale delle tratte su ponte (con impatto nullo) per comune;
 - **Gallerie_tot_comune:** lunghezza totale delle tratte in galleria (con impatto elevato) per comune;
 - **Autostrade_tot_comune:** lunghezza totale delle tratte autostradali (con impatto elevato) per comune;
 - **Strade_principali_medio_tot_comune:** lunghezza totale delle strade principali con impatto medio per comune;
 - **Strade_principali_elevato_tot_comune:** lunghezza totale delle strade principali con impatto elevato per comune;
 - **Strade_secondarie_modesto_tot_comune:** lunghezza totale delle strade secondarie con impatto modesto per comune;
 - **Strade_secondarie_medio_tot_comune:** lunghezza totale delle strade secondarie con impatto medio per comune;
 - **Strade_servizio_modesto_tot_comune:** lunghezza totale delle strade di servizio con impatto modesto per comune;
 - **Strade_servizio_medio_tot_comune:** lunghezza totale delle strade di servizio con impatto medio per comune;
 - **Altre_strade_modesto_tot_comune:** lunghezza totale delle altre tipologie di strade con impatto modesto per comune;
 - **Altre_strade_medio_tot_comune:** lunghezza totale delle altre tipologie di strade con impatto medio.

5. **Tabella strade con impatto nell'area di studio:** tabella che riporta le lunghezze totali delle tratte stradali esposte suddivise per tipologia e impatto. Gli attributi presenti sono:

- **Sum-Ponte:** lunghezza totale delle tratte su ponte (con impatto nullo);
- **Sum-Galleria:** lunghezza totale delle tratte in galleria (con impatto elevato);
- **Sum-Autostrada:** lunghezza totale delle tratte autostradali (con impatto elevato);
- **Sum_Str_pri-medio:** lunghezza totale delle strade principali con impatto medio;
- **Sum_Str_pri-elevato:** lunghezza totale delle strade principali con impatto elevato;
- **Sum_Str_sec-modesto:** lunghezza totale delle strade secondarie con impatto modesto;
- **Sum_Str_sec-medio:** lunghezza totale delle strade secondarie con impatto medio;
- **Sum_Str_serv-medio:** lunghezza totale delle strade di servizio con impatto medio;
- **Sum_Str_serv-modesto:** lunghezza totale delle strade di servizio con impatto modesto;
- **Sum_Altro-modesto:** lunghezza totale delle altre tipologie di strade con impatto modesto;
- **Sum_Altro-medio:** lunghezza totale delle altre tipologie di strade con impatto medio.

2.5 Ferrovie

L'algoritmo fornisce la localizzazione delle singole tratte ferrovie esposte con relativo valore di impatto e un dato aggregato vettoriale (alla scala della sezione di censimento) e tabellare (alla scala comunale e dell'area di studio), con i valori della lunghezza totale delle singole tipologie ferroviarie in base al valore di impatto. Le procedure implementate sono analoghe a quelle descritte per le strade (Sezione 2.4), rimandando, per i dettagli, alla documentazione della metodologia MOVIDA (Allegato 4.1 – Relazione metodologica; link disponibile a pagina 26 delle presenti linee guida).

Dati di input

- **Ferrovie:** *layer* a geometria lineare che rappresenta la rete ferroviaria nelle aree coperte da NATFIM. Tale dato è derivato dalle informazioni presenti in OSM (*OpenStreetMap*);
- **Sezioni di censimento:** utilizzate come unità minima di aggregazione delle singole tratte ferroviarie ricadenti al loro interno o lambite dalla mappa di allagamento;
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

La procedura fornisce sette *output*, per i quali viene di seguito fornita una descrizione:

1. **Tratte ferroviarie con definizione dell'impatto:** *layer* a geometria lineare che riporta le tratte ferroviarie contenute all'interno della mappa di allagamento. Ad ognuna di esse, in funzione della tipologia e

dell'altezza media dell'acqua, viene assegnato un valore di impatto secondo una matrice analoga a quella descritta per le strade (cfr. Allegato 4.1 di MOVIDA). Gli attributi presenti sono:

- **name:** attributo derivato dal *layer* originario di OSM che descrive, se presente, il nome della tratta ferroviaria e specifica se il tratto fa parte dell'Alta velocità (valore TAV) oppure se è un tratto ordinario;
 - **bridge:** attributo derivato dal *layer* originario di OSM che identifica le porzioni di ferrovia su ponti (valore T (*true*)) o no (valore F(*false*));
 - **tunnel:** attributo derivato dal *layer* originario di OSM che individua le porzioni di ferrovia in galleria (valore T (*true*)) o no (valore F(*false*));
 - **h_mean:** altezza media dell'acqua in un *buffer* di 5 metri dalla tratta ferroviaria;
 - **impatto:** valore di impatto (elevato, medio, modesto, nullo) determinato secondo la matrice descritta nel report metodologico;
 - **LENGTH:** lunghezza lineare (espressa in metri) di ciascun tratto ferroviario impattato.
2. **Tratte ferroviarie lambite con definizione dell'impatto:** *layer* a geometria lineare contenente le tratte ferroviarie che non intersecano l'area allagata e che si trovano ad una distanza massima di 10 metri da essa, ma all'interno di sezioni censuarie allagate. Questo strato informativo ha una struttura tabellare identica a quella dell'output "Tratte ferroviarie con definizione dell'impatto", descritta precedentemente.
 3. **Tratte ferroviarie lambite non allagate:** *layer* a geometria lineare che contiene tratte ferroviarie lambite (cioè ad una distanza inferiore a 10 metri dall'area allagata), ma poste all'interno di sezioni di censimento che si trovano totalmente al di fuori dell'area di allagamento. Questo vettore condivide la stessa struttura tabellare dei due precedenti *layers* lineari a meno dei campi **h_mean** e **impatto**.
 4. **Danno tratte ferroviarie per sezione di censimento:** *layer* a geometria poligonale che rappresenta tutte le porzioni di sezioni di censimento intersecate dall'area allagata, al cui interno sono presenti tratte ferroviarie allagate o lambite, suddivise per tipologia e impatto, indicandone la lunghezza totale (aggregata) espressa in metri. Nel dettaglio, gli attributi presenti sono:
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **sum_bin_ponte_NULLLO:** lunghezza totale delle tratte ferroviarie su ponte il cui impatto è nullo;
 - **sum_bin_galleria_ELEVATO:** lunghezza totale delle tratte ferroviarie in galleria il cui impatto è elevato;
 - **sum_bin_TAV_MEDIO:** lunghezza totale delle tratte ferroviarie TAV con impatto medio;
 - **sum_bin_TAV_ELEVATO:** lunghezza totale delle tratte ferroviarie TAV con impatto elevato;
 - **sum_bin_ELEVATO:** lunghezza totale delle tratte ferroviarie con impatto elevato;
 - **sum_bin_MEDIO:** lunghezza totale delle tratte ferroviarie con impatto medio;
 - **sum_bin_MODESTO:** lunghezza totale delle tratte ferroviarie con impatto modesto;

- **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
 - **Area_sezione_allagata:** area della porzione allagata della sezione di censimento;
 - **Ind_danno:** indicatore di impatto, calcolato come somma pesata per impatto delle lunghezze delle tratte ferroviarie esposte e lambite.
5. **Sezioni di censimento con danno tratte ferroviarie nullo:** *layer* vettoriale a geometria poligonale contenente le sezioni di censimento all'interno dell'area allagata che non hanno tratte ferroviarie allagate o lambite. Gli unici attributi presenti sono l'id che identifica univocamente le sezioni (**sez2011**) e il **comune** di appartenenza della sezione.
6. **Tabella ferrovie con impatto per comune:** tabella .csv che riporta la somma totale delle lunghezze per tipologia di ferrovia e per impatto all'interno dei comuni ricadenti in area allagata. La tabella degli attributi consta dei seguenti campi:
- **comune:** identifica il comune su cui vengono valutati gli impatti sulla rete ferroviaria;
 - **Ponti_tot_comune_nullo** lunghezza totale, all'interno del comune, delle tratte ferroviarie su ponte con impatto nullo;
 - **Gallerie_tot_comune_elevato:** lunghezza totale, all'interno del comune, delle tratte ferroviarie in galleria con impatto elevato;
 - **TAV_tot_comune_medio:** lunghezza totale, all'interno del comune, delle tratte ferroviarie TAV con impatto medio;
 - **TAV_tot_comune_elevato:** lunghezza totale, all'interno del comune, delle tratte ferroviarie TAV con impatto elevato;
 - **Binari_tot_comune_modesto:** lunghezza totale, all'interno del comune, delle tratte ferroviarie con impatto modesto;
 - **Binari_tot_comune_medio:** lunghezza totale, all'interno del comune, delle tratte ferroviarie con impatto medio;
 - **Binari_tot_comune_elevato:** lunghezza totale, all'interno del comune, delle tratte ferroviarie con impatto elevato.
7. **Tabella ferrovie con impatto nell'area di studio (statistiche):** tabella .csv che riporta la somma totale delle lunghezze per tipologia di ferrovia e per impatto all'interno dell'area di studio. La tabella degli attributi è così composta:
- **sum_bin_ponte-NULLO:** lunghezza totale, all'interno dell'area di studio, delle tratte ferroviarie su ponte con impatto nullo;
 - **sum_bin_galleria-ELEVATO:** lunghezza totale, all'interno dell'area di studio, delle tratte ferroviarie in galleria con impatto elevato;
 - **sum_bin_TAV-MEDIO:** lunghezza totale, all'interno dell'area di studio, delle tratte ferroviarie TAV con impatto medio;

- **sum_bin_TAV-ELEVATO:** lunghezza totale, all'interno dell'area di studio, delle tratte ferroviarie TAV con impatto elevato;
- **sum_bin-ELEVATO:** lunghezza totale, all'interno dell'area di studio, delle tratte ferroviarie con impatto elevato;
- **sum_bin-MEDIO:** lunghezza totale, all'interno dell'area di studio, delle tratte ferroviarie con impatto medio;
- **sum_bin-MODESTO:** lunghezza totale, all'interno dell'area di studio, delle tratte ferroviarie con impatto modesto.

2.6 Stazioni ferroviarie

L'algoritmo permette di identificare le stazioni ferroviarie ricadenti all'interno dell'area allagata. Ad ognuna di esse viene associato un indice di impatto elevato.

Dati di input alla procedura

- **Stazioni ferroviarie:** *layer* a geometria puntuale che identifica la posizione media delle stazioni ferroviarie presenti sul territorio coperto da NATFIM. Tale dato deriva dalla geolocalizzazione in ambiente GIS della tabella (in formato .csv) messa a disposizione come download libero dal portale dei Dati Open italiani (http://www.datiopen.it/it/opendata/Mappa_delle_stazioni_ferrovie_in_Italia).
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Stazioni ferroviarie esposte:** *layer* a geometria puntuale in cui vengono rappresentate tutte le stazioni ricadenti all'interno dell'area allagata. Oltre agli attributi derivati dal file originario (che descrivono, ad esempio, il comune di appartenenza e il nome della stazione), viene associato il valore "elevato" all'attributo **impatto**.

2.7 Allevamenti

La procedura per gli allevamenti individua le aziende zootecniche ricadenti nell'area allagata, aggregando il dato ottenuto sia alla scala della particella catastale (identificando per ogni azienda il numero di capi distinto per tipologia (avicoli, bovini-bufalini, suini, ovicapri) e il loro valore (esposizione economica)), sia alla scala della sezione di censimento (calcolando il numero totale di capi esposti e l'esposizione economica totale associata). Vengono inoltre fornite in *output* tabelle aggregate sia alla scala comunale che dell'intera area di studio.

Dati di input alla procedura

- **Allevamenti:** *layer* a geometria puntuale con la localizzazione delle aziende e indicazione della consistenza dei capi (derivata dalla Banca Dati Nazionale dell'anagrafe zootecnica) suddivisi per tipologia, nonché del corrispondente valore economico calcolato sulla base dei valori ISMEA.
- **Sezioni di censimento:** *layer* a geometria poligonale, impiegato come unità minima di aggregazione per la valutazione della consistenza totale ed esposizione dei capi in esso presenti.
- **Particelle catastali:** *layer* a geometria poligonale contenente le particelle catastali utilizzate come strato di aggregazione delle informazioni.
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Allevamenti esposti per sezione di censimento:** *layer* a geometria poligonale rappresentante le porzioni di sezioni di censimento allagate che contengono allevamenti al proprio interno. Il dato della consistenza dei capi viene presentato come somma totale indipendentemente dalle specie presenti. Gli attributi sono:
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
 - **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **Area_sezione_impattata:** area della porzione allagata della sezione di censimento;
 - **CAPITOTALI:** numero totale dei capi presenti nella sezione di censimento indipendentemente dalla specie;
 - **Esposizione_economica:** esposizione economica all'interno della sezione di censimento come somma totale del valore economico dei capi presenti al suo interno.
 - **Ind_esp:** indicatore di esposizione che descrive la densità di capi per unità di superficie censuaria allagata (in km²).
2. **Allevamenti esposti per particella catastale:** *layer* a geometria poligonale che associa ad ogni particella catastale la tipologia di allevamento e la sua consistenza. Tra i numerosi attributi presenti, ereditati sia dal *database* originario degli allevamenti, sia dalle particelle catastali, si segnalano, come *output* della procedura:
 - **Specie_allevate:** tipologia di specie animali allevate in azienda;
 - **Consistenza:** numerosità dei capi allevati in azienda suddivisi per specie;
 - **Tipologia:** attributo che rappresenta le specie allevate secondo la riclassificazione in avicoli, bovini-bufalini, suini, ovicapri.

- **Esposizione_economica_particella:** esposizione economica all'interno delle particelle catastali in funzione della numerosità, per tipologia di specie, per ogni azienda in area allagata. È quindi possibile trovare per una singola geometria poligonale (particella catastale) più record di tabella, in relazione alla tipologia di animale allevata in ogni azienda.
- 3. **Tabella capi esposti per comune:** tabella .csv che riassume, per ogni comune in area allagata, il numero totale di capi esposti e il loro valore economico (esposizione).
- 4. **Tabella capi totali esposti nell'area studio:** tabella .csv in cui vengono aggregati alla scala dell'area di studio il numero totale di capi in area allagata e l'esposizione economica totale.

2.8 Agricoltura: colture

L'algoritmo traduce la metodologia del modello AGRIDE-c (Molinari et al., 2019), che permette di ottenere *output* in termini di danno economico (diminuzione di ricavi) per le principali colture annuali (mais, frumento, orzo, foraggio e riso) e massimo valore esposto (PLV – Produzione Lorda Vendibile) per le colture non ricomprese nel modello.

Dati di input alla procedura

- **Particelle catastali:** *layer* a geometria poligonale contenente le particelle catastali a cui sono associati gli utilizzi prevalenti (tipologia colturale, ecc.) e le loro superfici tramite il collegamento con le dichiarazioni rese dagli agricoltori ai fini delle premialità PAC. Per le regioni ricadenti nel distretto del Po, tale strato informativo è stato ottenuto previo lavoro di *pre-processing* dei dati.
- **Sezioni di censimento:** utilizzate come unità minima di aggregazione delle particelle catastali ricadenti al loro interno.
- **Tabella classificazione colture:** tabella di riclassificazione degli utilizzi secondo classi colturali.
- **Tabelle rese e prezzi:** tabelle che riportano per ciascuna classe colturale le rese (esprese in q/ha) e i prezzi (in €/q), elaborando i dati del quadriennio 2015-2019 (Fonti: rese SIAN; prezzi ISMEA).
- **Mese dell'evento:** indicare il mese su cui valutare danno ed esposizione (1 = Gennaio, 12 = Dicembre).
- **Durata dell'allagamento:** definire la durata dell'allagamento (in numero di giorni).
- **Tipologia di lavorazione del suolo ('minima' o 'tradizionale'):** le due opzioni tra cui l'utente può scegliere differiscono per voci di costo e importo di alcune operazioni colturali e per i diversi contributi provenienti dalla Comunità Europea; tali importi sono differenti sia a livello regionale che per tipologia di coltura.
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Danno agricoltura per particella catastale:** *layer* a geometria poligonale in cui viene riportato, per ogni particella catastale, la PLV e il danno economico per le colture del modello AGRIDE-c e la sola PLV per le colture non inserite nel modello. La tabella degli attributi contempla informazioni relative alle caratteristiche delle particelle catastali (valori di superficie della particella, dell'area coltivata, la classe colturale, valori di rese e prezzi, ecc.), oltre ai seguenti campi specifici risultanti dalle elaborazioni della procedura:
 - **Strategia_c:** danno assoluto unitario (in €/ha) se l'agricoltore scegliesse il proseguimento della coltura come strategia post-evento (come da modello AGRIDE-c (Molinari et al., 2019));
 - **Strategia_r:** danno assoluto unitario (in €/ha) se l'agricoltore scegliesse la risemina come strategia post-evento (come da modello AGRIDE-c (Molinari et al., 2019));
 - **Strategia_a:** danno assoluto unitario (in €/ha) se l'agricoltore scegliesse l'abbandono della coltura come strategia post-evento (come da modello AGRIDE-c (Molinari et al., 2019));
 - **Danno_c:** danno economico totale se l'agricoltore scegliesse il proseguimento come strategia di mitigazione post-evento;
 - **Danno_r:** danno economico totale se l'agricoltore scegliesse la risemina della coltura come strategia di mitigazione post-evento;
 - **Danno_a:** danno economico totale se l'agricoltore scegliesse l'abbandono della coltura come strategia di mitigazione post-evento;
 - **Danno_min:** danno economico minimo tra le tre strategie di mitigazione post-evento;
 - **Danno_max:** danno economico massimo tra le tre strategie di mitigazione post-evento.
2. **Danno agricoltura per sezione di censimento:** *layer* a geometria poligonale rappresentante le porzioni di sezioni di censimento allagate contenenti particelle catastali. Gli attributi presenti sono:
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **Area_sez:** area totale della sezione censimento;
 - **Area_sezione_allagata:** superficie della porzione di sezione di censimento allagata;
 - **Dc_tot:** danno economico totale all'interno della sezione censuaria nell'ipotesi di proseguimento della coltura come strategia post-evento;
 - **Dr_tot:** danno economico totale all'interno della sezione censuaria nell'ipotesi di risemina della coltura come strategia post-evento;
 - **Da_tot:** danno economico totale all'interno della sezione censuaria nell'ipotesi di abbandono della coltura come strategia post-evento;
 - **Danno_min_tot:** danno economico minimo totale all'interno della sezione censuaria tra le tre possibili strategie post-evento;

- **PLV_tot:** PLV totale, come somma del danno potenziale (esposizione) di tutte le colture presenti all'interno della sezione di censimento;
 - **IND_Danno:** indicatore di danno che rappresenta il danno minimo totale per unità di superficie (in km²);
 - **IND_PLV:** indicatore di esposizione che rappresenta la PLV per unità di superficie (in km²).
 - **Classe_danno:** campo testuale che suddivide i valori dell'attributo **IND_Danno** in cinque classi (nullo, basso, medio, alto, molto alto) utilizzando come valori soglia per la loro definizione il primo, secondo e terzo quartile.
3. **PLV per sezione di censimento:** *layer* poligonale, geometricamente uguale a quello relativo al danno, creato per la visualizzazione simbolica dei valori di PLV. In termini attributivi mantiene la stessa struttura del *layer* del danno, con l'unica eccezione della sostituzione del campo **Classe_danno** con l'attributo:
- **Classe PLV:** campo testuale che suddivide i valori dell'attributo **IND_PLV** in cinque classi (nulla, bassa, media, alta, molto alta) utilizzando come valori soglia per la loro definizione il primo, secondo e terzo quartile.
4. **PLV per sezione di censimento (colture No AGRIDE):** *layer* a geometria poligonale costituito dalle porzioni di sezioni censuarie allagate in cui sono presenti solo colture non modellate in AGRIDE-c, per le quali viene riportato il danno potenziale (esposizione) come PLV. Gli attributi presenti sono:
- **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **Area_sez:** area totale della sezione censimento;
 - **Area_sezione_allagata:** superficie della porzione di sezione di censimento allagata;
 - **PLV_tot:** PLV totale, come somma del danno potenziale di tutte le colture presenti all'interno della sezione di censimento;
 - **Ind_PLV:** indice di esposizione che rappresenta il PLV per unità di superficie (in km²).
5. **Tabella danno totale area di studio:** tabella .csv in cui viene riportato il danno minimo totale all'interno dell'area allagata.

2.9 Aree protette – beni ambientali

L'algoritmo per i beni ambientali permette di individuare, in prima analisi, i beni presenti nell'area di studio e successivamente di associare, ad ogni sezione di censimento esposta, il numero totale di beni in essa presenti. La procedura, inoltre, fornisce *output* tabellari aggregati alla scala comunale ed una tabella in cui viene valutata la numerosità dei beni ambientali esposti in funzione del servizio ecosistemico.

Dati di input alla procedura

- **Beni ambientali:** *layer* a geometria poligonale rappresentante l'estensione dei beni ambientali presenti all'interno delle regioni coperte in NATFIM. Ad ogni elemento è associato un **nome** e il relativo servizio ecosistemico (campo **serv_ecos**) (servizi di approvvigionamento, servizi di valore culturale e servizi di regolazione e conservazione, ecc).
- **Sezioni di censimento:** utilizzate come unità minima di aggregazione dei beni ambientali ricadenti al loro interno e potenzialmente esposti.
- **Aree bagnate permanenti:** *layer* vettoriale a geometria poligonale rappresentante tutte le aree con presenza d'acqua in superficie (quali alvei fluviali, laghi, invasi artificiali, ecc.).
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Beni ambientali esposti:** *layer* a geometria poligonale contenente le porzioni di superficie dei beni ambientali presenti all'interno dell'area allagata. La tabella degli attributi mantiene i medesimi campi del tema originale in input **beni ambientali**.
2. **Beni ambientali esposti per sezioni di censimento:** *layer* vettoriale a geometria poligonale che rappresenta le porzioni di sezione censuaria allagata che contengono beni ambientali, indicandone la numerosità totale e quella per unità di superficie al km². I campi presenti nella tabella degli attributi sono:
 - **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
 - **Area_sezione_impattata:** area della sezione di censimento impattata;
 - **n_aree:** numero totale di beni ambientali presenti nella sezione di censimento;
 - **Ind_n_aree:** indicatore di esposizione per unità di superficie allagata (al km²).
3. **Tabella beni ambientali esposti per comune:** tabella .csv in cui viene riportato il numero di aree protette (attributo **n_aree_protette**) presenti all'interno dei confini dei comuni ricadenti in area allagata.
4. **Tabella beni ambientali servizio ecosistemico:** tabella .csv in cui vengono aggregati i beni ambientali in funzione della tipologia di servizio ecosistemico (attributo **serv_ecos**) per i quali viene calcolata la superficie totale (campo **Area_totale_servizio_ecosistemico**).

2.10 Beni culturali

L'algoritmo per i beni culturali identifica i beni esposti in area allagata, producendo un *output* aggregato alla scala della sezione di censimento che prevede l'associazione di un indicatore (**IUBC** – Indicatore Unico per i Beni Culturali) calcolato come il rapporto tra la somma pesata (campo **NUM_BCw**) dei beni culturali presenti (ovvero, somma dei valori presenti nel campo **impact_nor**, funzione della categoria e rilevanza del bene esposto) e la superficie impattata in km² della sezione di censimento. Viene, inoltre, fornita una tabella riassuntiva in cui viene specificato, per ogni comune ricadente nell'area allagata, il numero di beni culturali esposti per tipologia (campo **esposto** del dato originale), indicando se patrimonio di rilevanza internazionale, nazionale o locale.

Dati di input alla procedura

- **Beni culturali:** *layer* a geometria puntuale in cui viene specificata la posizione dei beni culturali presenti nell'area coperta da NATFIM con definita la rilevanza (patrimonio locale, nazionale o mondiale UNESCO (campo **esposto**)), la **categoria** (ad es. Museo, Monumento, Area archeologica, ecc.) e associato un indice di impatto (campo **impact_nor**) funzione di rilevanza e tipologia.
- **Sezioni di censimento:** utilizzate come unità minima di aggregazione dei beni culturali ricadenti al loro interno e potenzialmente esposti.
- **Aree bagnate permanenti:** *layer* a geometria poligonale rappresentante tutte le aree con presenza d'acqua in superficie (quali alvei fluviali, laghi, invasi artificiali, ecc.).
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Beni culturali esposti:** *layer* a geometria puntuale in cui vengono riportati i beni culturali all'interno dell'area allagata. La tabella degli attributi rimane la medesima del *layer* di *input* alla procedura **Beni culturali**.
2. **Beni culturali per sezione di censimento:** *layer* a geometria poligonale contenente le porzioni di sezioni censuarie all'interno dell'area di analisi su cui viene valutata la numerosità pesata dei beni culturali esposti (campo **NUM_BCw**), l'indice di esposizione **IUBC** e la classe di esposizione (**Classe_IUBC**).

La tabella degli attributi è così composta:

- **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
- **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
- **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
- **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
- **Area_sezione_impattata:** area della porzione impattata della sezione di censimento;

- **NUM_BCw**: somma pesata totale dei valori di impatto (campo **impact_nor**) per ogni bene culturale esposto all'interno della sezione di censimento;
 - **IUBC**: indicatore di esposizione ottenuto come rapporto tra **NUM_BCw** e la superficie della porzione di sezione censimento allagata in km².
 - **Classe_IUBC**: campo testuale che suddivide i valori di IUBC in cinque classi (nullo, basso, medio, alto, molto alto) utilizzando come valori soglia per la loro definizione il primo, secondo e terzo quartile.
3. **Tabella beni culturali esposti per comune**: tabella .csv che riporta il numero totale (attributo **count**) di beni culturali, suddivisi per **esposto** (se di rilevanza mondiale UNESCO, nazionale o locale), all'interno dei comuni ricadenti in area allagata.

2.11 Popolazione

L'algoritmo permette di valutare la popolazione esposta, in termini di abitanti totali, bambini con età inferiore ai 10 anni e anziani con età superiore ai 65, utilizzando come dato di *input* principale le sezioni di censimento ISTAT (censimento del 2011), supponendo la popolazione omogeneamente distribuita su tutta l'area della sezione e valutando il numero di persone esposte come proporzionale alla porzione di sezione di censimento realmente impattata (intersezione con le mappe del tirante idraulico).

Per ogni comune, la procedura consente inoltre di calcolare il numero di senza tetto registrati in anagrafe secondo le tre categorie precedentemente descritte. I senza tetto vengono inseriti in sezioni di censimento fittizie (normalmente di piccole dimensioni) che se ricadessero nell'area allagata andrebbero a contribuire ad un'errata valutazione della popolazione esposta. Si è quindi deciso di fornire l'informazione di tutta la popolazione *homeless* per quei comuni che ricadono all'interno delle aree allagate.

Dati di input alla procedura

- **Sezioni di censimento**: unità minima di rappresentazione dell'esposizione della popolazione, dove viene riportata la distribuzione della popolazione in funzione dell'età.
- **Aree bagnate permanenti**: *layer* a geometria poligonale rappresentante tutte le aree con presenza d'acqua in superficie (quali alvei fluviali, laghi, invasi artificiali, ecc.).
- **Mappa raster del tirante idraulico**: a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Popolazione esposta per sezione di censimento**: *layer* a geometria poligonale rappresentante la porzione di sezione censuaria in area allagata in cui risiede la popolazione esposta. La tabella degli attributi è costituita dai seguenti campi:

- **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
 - **pop_tot:** popolazione totale esposta;
 - **under10:** popolazione esposta con età inferiore ai 10 anni;
 - **over65:** popolazione esposta con età superiore ai 65 anni;
 - **Area_sezione_impattata:** area della porzione di sezione di censimento all'interno dell'area di pericolosità;
 - **pop_tot_kmq:** indicatore di esposizione che rappresenta la densità di popolazione totale esposta al km²;
 - **under10_kmq:** indicatore di esposizione che rappresenta la densità di popolazione esposta al km² con età inferiore a 10 anni;
 - **over65_kmq:** indicatore di esposizione che rappresenta la densità di popolazione esposta al km² con età superiore ai 65 anni.
 - **Classe_esposizione:** campo testuale che suddivide l'esposizione in cinque classi (nulla, bassa, media, alta, molto alta) utilizzando come valori soglia per la loro definizione il primo, secondo e terzo quartile.
2. **Tabella popolazione esposta per comune:** tabella .csv con la distribuzione per comune della popolazione esposta. La tabella degli attributi presenta i seguenti campi:
- **comune:** identifica il comune su cui viene valutata la popolazione esposta;
 - **pop_tot_comune:** popolazione totale esposta per comune;
 - **under10_comune:** popolazione esposta per comune con età inferiore ai 10 anni;
 - **over65_comune:** popolazione esposta per comune con età superiore ai 65 anni.
3. **Senza tetto esposti per comune:** tabella .csv che indica, per ogni comune all'interno dell'area allagata, la numerosità delle persone senza fissa dimora, secondo questi attributi:
- **comune:** identifica il comune di appartenenza dell'*homeless* esposto;
 - **senza_tetto_tot:** senza tetto totali esposti;
 - **senza_tetto_under10:** senza tetto esposti con età inferiore ai 10 anni;
 - **senza_tetto_over65:** senza tetto esposti con età superiore ai 65 anni.

2.12 Sorgenti inquinanti - Impianti a rischio di inquinamento accidentale

L'algoritmo permette di individuare gli impianti a rischio di inquinamento accidentale che ricadono all'interno dell'area allagata, sia come tema puntuale (estraendo le sorgenti inquinanti in area allagata), sia come dato aggregato alla sezione di censimento (determinandone la numerosità totale al loro interno), sia come *layer* tabellare che ne definisce la quantità per comune.

Dati di input alla procedura

- **sorgenti inquinanti:** *layer* a geometria puntuale che identifica gli impianti a rischio di inquinamento accidentale suddivisi per **categoria** (ad es. discariche, industrie chimiche, ecc.) e specificandone il **nome**.
- **Sezioni censimento:** utilizzate come unità di aggregazione delle sorgenti inquinanti presenti nella porzione allagata.
- **Aree bagnate permanenti:** *layer* a geometria poligonale rappresentante tutte le aree con presenza d'acqua in superficie (quali alvei fluviali, laghi, invasi artificiali, ecc.).
- **Mappa raster del tirante idraulico:** a scelta dell'utente, è possibile inserire, tramite selezione da menu, le mappe modellate nel PGRA e presenti nel *database* di NATFIM oppure caricare una propria mappa *raster* esterna per uno scenario di interesse (in formato .tiff o .geotiff) non rientrante tra quelli del PGRA.

Dati di output

1. **Sorgenti inquinanti esposte:** *layer* a geometria puntuale che identifica la posizione delle sorgenti potenzialmente inquinanti, ricadenti all'interno della mappa di allagamento. Al *layer* originario (**sorgenti inquinanti**) utilizzato come input, viene aggiunto il campo **SEZ2011** che identifica la sezione di censimento in cui sono incluse.
2. **Sorgenti inquinanti esposte per sezione di censimento:** *layer* a geometria poligonale rappresentante le porzioni di sezione censuaria allagata con sorgenti inquinanti.

La tabella degli attributi presenta i seguenti campi:

- **provincia:** identifica la provincia di appartenenza della sezione di censimento;
 - **comune:** identifica il comune di appartenenza della sezione di censimento;
 - **sez2011:** id univoco della sezione di censimento;
 - **Area_sez:** area totale della sezione di censimento;
 - **Area_sezione_impattata:** area della porzione impattata della sezione di censimento;
 - **n_sorgenti:** numero totali di sorgenti inquinanti presenti nella sezione di censimento;
 - **Ind_n_sorgenti:** indicatore di esposizione che mostra la densità di sorgenti inquinanti per unità di superficie censuaria allagata (in km²).
3. **Tabella sorgenti inquinanti esposte per comune:** tabella .csv che identifica per ogni comune il numero (campo **count**) di sorgenti inquinanti suddivise per tipologia (attributo **categoria** – ad es. discariche, aziende a Rischio di Incidente Rilevante (RIR), ecc.).

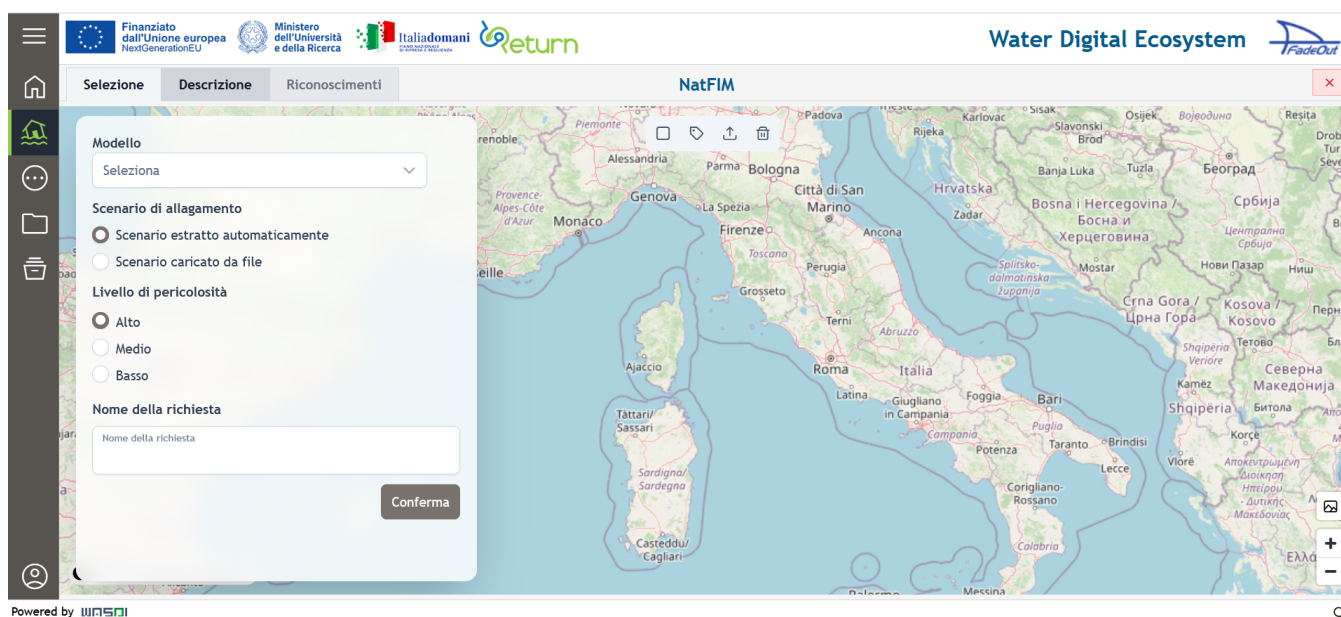
3 Guida pratica all'utilizzo di NATFIM

Previa registrazione tramite la pagina di accesso all'ecosistema digitale di RETURN (<https://return-water.fadeout.cloud>), in Homepage si seleziona l'applicazione di interesse (NATFIM) tra quelle disponibili.

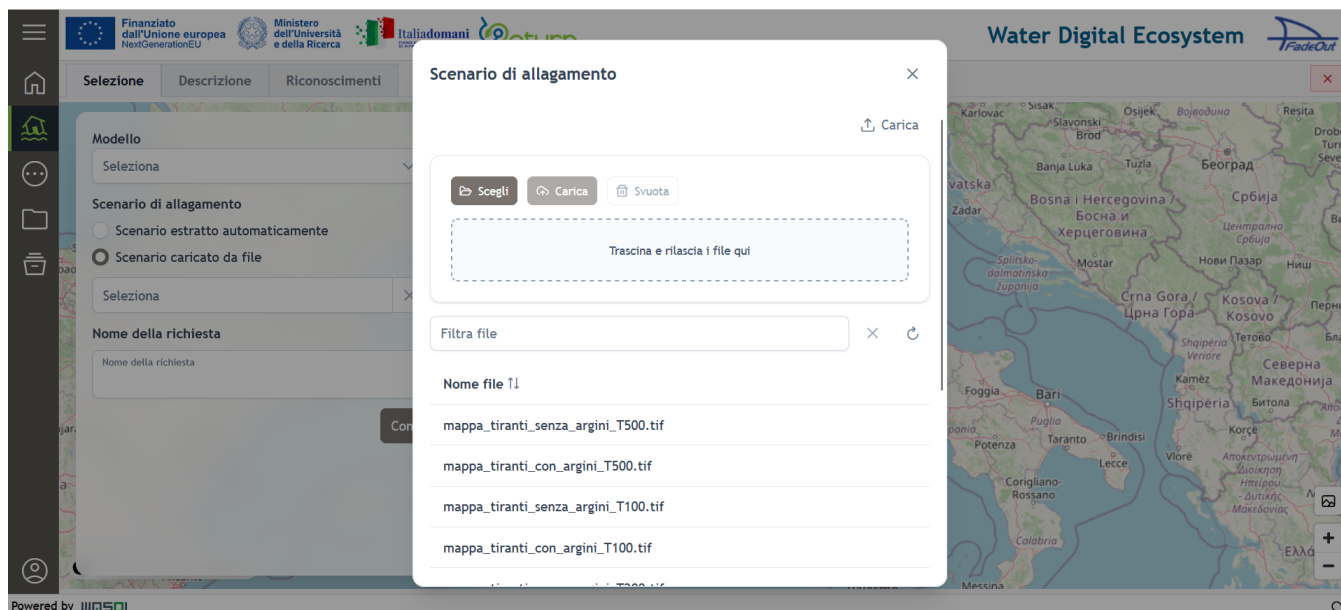


Nella pagina principale di NATFIM, va selezionata in primis la categoria di elemento esposto di interesse (scelta all'interno del menu a tendina indicato con "Modello"). Successivamente, si individua lo scenario di allagamento per il quale si intende eseguire l'analisi; a tal fine, l'utente può scegliere di:

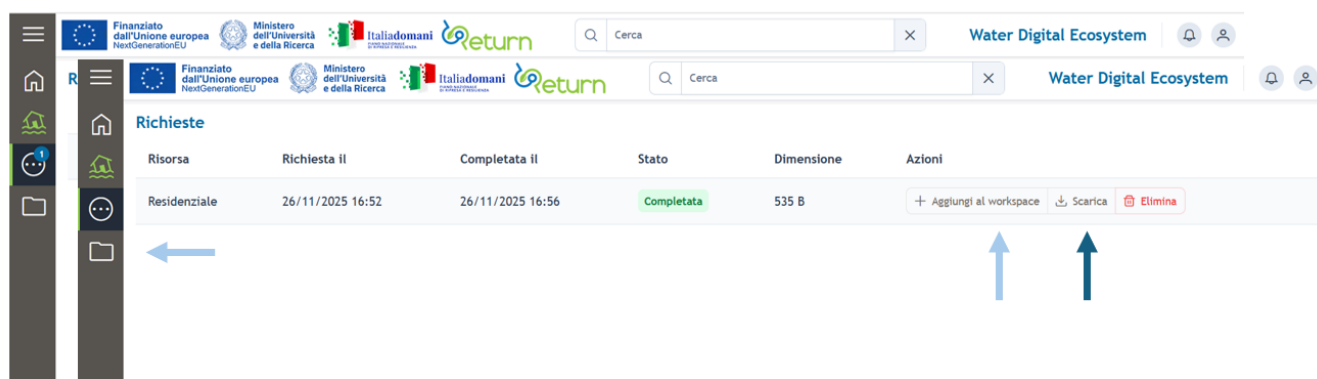
- utilizzare uno scenario pre-caricato (desunto dalle mappe vigenti di pericolosità idraulica dei PGRA per le aree coperte in NATFIM): scelto il livello di pericolosità (bassa/media/elevata), si individua l'area di indagine di interesse tramite lo strumento di tracciamento di una bounding box presente nel menu in alto nella mappa.



- caricare nel sistema un raster esterno (.tiff o .geotiff) relativo ad uno scenario di allagamento di proprio interesse.



Eseguite tali operazioni, si attribuisce un nome all'elaborazione richiesta e, premendo il pulsante di conferma, viene avviata l'applicazione. E' possibile seguire l'avanzamento della simulazione nella pagina indicata con l'icona  e, al completamento delle elaborazioni, è possibile scaricare i risultati in locale sul proprio PC oppure visualizzare le mappe direttamente nel workspace di NATFIM, accessibile nella pagina indicata con l'icona a forma di cartella.



Riferimenti bibliografici

Arrighi, C., Brugioni, M., Castelli, F., Franceschini, S., and Mazzanti, B.: Flood risk assessment in art cities: the exemplary case of Florence (Italy), *J. Flood Risk Manage.*, 11, 616–631, <https://doi.org/10.1111/jfr3.12226>, 2018a.

Arrighi, C., Rossi, L., Trasforini, E., Rudari, R., Ferraris, L., Brugioni, M., Franceschini, S., and Castelli, F.: Quantification of flood risk mitigation benefits: A building-scale damage assessment through the RASOR platform, *J. Environ. Manage.*, 207, 92–104, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.017>, 2018b

Carisi, F., Schröter, K., Domeneghetti, A., Kreibich, H., and Castellarin, A.: Development and assessment of uni- and multivariable flood loss models for Emilia-Romagna (Italy), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 2057–2079, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2057-2018>, 2018.

Galliani, M., Molinari, D., and Ballio, F.: Simple-INSYDE, development of a new tool for flood damage evaluation from an existing synthetic model. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 20, 2937–2941, <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2937-2020>, 2020.

Molinari D., Scorzini A. R., Gallazzi, A., Ballio, F., AGRIDE-c, a conceptual model for the estimation of flood damage to crops: development and implementation, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 2565–2582, <https://doi.org/10.5194/nhess-19-2565-2019>, 2019

Sitografia

Allegato 4.1 – Relazione metodologica Modello per la Valutazione Integrata del Danno Alluvionale (MOVIDA)
https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato4_danno/4_1_RelazioneMetodologicaMOVIDA/ALLEGATO_4_1_Report%20metodologico.pdf

Allegato 4.1a – Annesso alla Relazione metodologica
https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato4_danno/4_1_RelazioneMetodologicaMOVIDA/allegati_4_1a_annesso.pdf

Allegato 4.1b – Annesso alla Relazione metodologica
https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato4_danno/4_1_RelazioneMetodologicaMOVIDA/Allegato_4_1b_REPORT_ISYDE.pdf